

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Off nlegungsschrift  
⑪ DE 3829390 A1

⑳ Akt nzeichen: P 38 29 390.0  
㉑ Anmeldetag: 30. 8. 88  
㉒ Offenlegungstag: 1. 3. 90

㉓ Int. Cl. 5:  
G01P 3/00  
G 01 B 7/30  
// G01P 3/42

DE 3829390 A1

㉔ Anmelder:  
Mannesmann Rexroth GmbH, 8770 Lohr, DE

㉕ Vertreter:  
Tiedtke, H., Dipl.-Ing.; Bühling, G., Dipl.-Chem.;  
Kinne, R., Dipl.-Ing.; Grupe, P., Dipl.-Ing.; Pellmann,  
H., Dipl.-Ing.; Grams, K., Dipl.-Ing.; Struif, B.,  
Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Winter, K., Dipl.-Ing.; Roth,  
R., Dipl.-Ing., Pat.-Anwälte, 8000 München

㉖ Erfinder:  
Rüb, Winfried, Dipl.-Ing., 8771 Neustadt, DE

㉗ Entgegenhaltungen:

DE	34 01 858 C1
DE	35 23 250 A1
DE	35 00 450 A1
DE	34 13 105 A1
DE	32 20 896 A1
DE	32 15 212 A1
GB	20 62 875 A

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉘ Verfahren und Einrichtung zur Drehzahlmessung

Beschrieben wird ein Verfahren und eine Einrichtung zum Messen der Drehzahl eines Meßkörpers, bei dessen Drehung sich periodisch der Abstand zu einem Sensor ändert, der ein vom Abstand abhängiges Abstandssignal abgibt, das in einer Wandlerschaltung in ein frequenzabhängiges Signal umgesetzt wird. Zur Bestimmung der Drehzahl im unteren Drehzahlbereich wird der sich stetig verändernde Abstand zwischen dem Sensor und einer Fläche oder Teilfläche des Meßkörpers herangezogen. Auf diese Weise wird eine Messung von Drehzahlen in einem weiten Bereich bis herab zu Drehzahlen nahe »0« ermöglicht.

DE 3829390 A1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2.

Drehzahlmeßeinrichtungen dieser Art werden in großem Umfang in Fahrzeugen eingesetzt, und zwar zum Messen der Drehzahl einer Verteilerwelle, einer Kurbelwelle, einer Getriebeeingangswelle, einer Getriebeausgangswelle oder einer Radachsenwelle. In einer derartigen Drehzahlmeßeinrichtung wird beispielsweise mittels des als Zahnrad ausgebildeten Meßkörpers in dem Sensor periodisch ein Abstandssignal erzeugt, dessen Frequenz zu der Drehzahl des Meßkörpers proportional ist und das in der Wandler-schaltung zu einem frequenzabhängigen Drehzahlsignal umgesetzt wird. Bei dieser bekannten Drehzahlmeßeinrichtung ist jedoch das Messen von sehr niedrigen Drehzahlen äußerst schwierig, da die dabei auftretenden niedrigen Frequenzen nicht schnell und genau gemessen werden können. Wollte man diesen Mangel dadurch beheben, daß man die Zähnezahl des Meßkörpers erhöht, so würde zwangsläufig bei gleichbleibender Größe des Sensors der Meßkörper vergrößert werden müssen und außerdem bei hohen Drehzahlen sehr schnell die obere Frequenz der Wandler-schaltung erreicht werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Einrichtung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2 derart auszugestalten, daß eine Messung von Drehzahlen in einem weiten Bereich bis herab zu Drehzahlen nahe "0" ermöglicht ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß auf die in dem kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs 1 bzw. 2 aufgeführte Weise gelöst.

Somit wird erfindungsgemäß im niedrigen Drehzahlbereich die Drehzahl aus dem sich stetig ändernden Abstand zwischen dem Sensor und dem Meßkörper erfaßt.

In der Einrichtung wird der Meßkörper derart gestaltet, daß sich der Abstand zu dem (ortsfesten) Sensor stetig z.B. sinusförmig oder sägezahnförmig ändert, was eine entsprechende Änderung des von dem Sensor abgegebenen Abstandssignals ergibt. Dieses Abstandssignal wird einer Differenzierschaltung zugeführt, in der das zeitliche Differential, nämlich die Steilheit der Flanken des Abstandssignals erfaßt wird und ein Differentialsignal erzeugt wird, das einer bestimmten Steilheit des Abstandssignals entspricht. Da die Flankensteilheit des Abstandssignals aber nur bis zu einer bestimmten oberen Grenzfrequenz die Drehzahl des Meßkörpers widerspiegelt, wird in einer Ausgabeschaltung das Differentialsignal nur unterhalb der Grenzfrequenz anstelle des frequenzabhängigen Signals aus der Wandler-schaltung als Drehzahlsignal abgegeben. Alternativ wird von der Ausgabeschaltung als Drehzahlsignal das Differentialsignal dann abgegeben, wenn dieses unter einem vorbestimmten, der oberen Grenzfrequenz entsprechenden Pegel liegt. Auf diese Weise wird der Meßbereich der Drehzahlmeßeinrichtung nach unten bis nahe "0" erweitert, ohne daß die Obergrenze des Meßbereichs herabgesetzt wird.

Die erfindungsgemäße Drehzahlmeßeinrichtung kann somit vorteilhaft in Getriebesteuersystemen, Anfahr-schlupf-Steuersystemen oder Antiblockiersteuersystemen (ABS-Systemen) eingesetzt werden, deren Funktionsbereich dadurch praktisch bis zum Stillstand des betreffenden Fahrzeugs erweitert wird.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Einrichtung sind in den Unteransprüchen auf-

geführt. Beispielsweise wird erfindungsgemäß die Ausgabeschaltung aus einem Frequenz- oder Pegeldetektor mit Schwellenwertcharakteristik und einem durch den Detektor gesteuerten Umschalter gebildet, der je nach der gerade erfaßten Drehzahl zwischen den Ausgangssignalen der Differenzierschaltung und der Wandler-schaltung umschaltet. Zweckdienlich erhält der Detektor eine Hysteresescharakteristik hinsichtlich der Höhe der Frequenz bzw. des Pegels. Dadurch wird ein unnötig häufiges Umschalten des Drehzahlsignals in dem Grenzbereich zwischen der Differentialmessung und der Frequenzmessung vermieden. Das Ausgangssignal des Detektors kann auch dazu herangezogen werden, die Wandler-schaltung ein- oder auszuschalten.

Die Umsetzung des Abstandssignals aus dem Sensor in das Differentialsignal und das frequenzabhängige Signal kann sowohl auf digitale Weise als auch auf analoge Weise vorgenommen werden. Es ist ferner zweckdienlich, zwischen der erfindungsgemäßen Drehzahlmeßeinrichtung und einer nachgeschalteten Auswertungseinrichtung oder Regeleinrichtung eine Glättungsschaltung vorzusehen, durch die eine bei dem Umschalten eventuell auftretende Stufe zwischen dem Differentialsignal und dem frequenzabhängigen Signal "verschlif-fen" wird.

Als Sensoren können alle Meßgeber Anwendung finden, die ein vom Abstand zum Meßkörper abhängiges Abstandssignal liefern. Für den Einsatz in Fahrzeugen sind insbesondere induktive Meßgeber wegen ihres robusten Aufbaus und ihrer geringen Störanfälligkeit vor-zuziehen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in Blockdarstellung die Drehzahlmeßeinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel.

Fig. 2 zeigt in Blockdarstellung die Drehzahlmeßeinrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel.

Fig. 3 zeigt Beispiele für die Gestaltung von Meßkörpern und bei deren Umlauf entstehende periodische Abstandsänderungen.

Fig. 4 zeigt weitere Beispiele für die Gestaltung von Meßkörpern.

Fig. 5 zeigt ein Beispiel für einen Meßkörper und bei dessen Umlauf entstehende Abstandsänderungen.

Fig. 6 ist eine Darstellung zur Erläuterung eines Differenzierens in diskreten Zeitintervallen.

Die Fig. 1 zeigt schematisch die Drehzahlmeßeinrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Mit dieser Einrichtung wird die Drehzahl eines umlaufenden Meßkörpers 1 gemessen, der die Form eines symmetrischen Quadrats hat. In einem bestimmten Abstand zur Achse des Meßkörpers 1 ist ortsfest ein Sensor 2 angebracht. Der Sensor 2 kann ein induktiver, kapazitiver oder auch Ultraschallsensor sein, der derart ausgebildet ist, daß er ein zu einem Abstand  $x$  vom Umfang des Meßkörpers 1 proportionales Signal erzeugt. In Folge der Umfangsform des Meßkörpers 1 ändert sich der Abstand  $x$  zu dem Sensor 2 periodisch derart, daß ein Abstandssignal  $U_s$  aus dem Sensor 2 mit einer zur Drehzahl des Meßkörpers 1 proportionalen Frequenz im wesentlichen sinusförmig oder sägezahnförmig verläuft. Das Abstandssignal  $U_s$  liegt an einer Differenzierschaltung 3 an, die das Signal nach der Zeit differenziert und ein Differentialsignal  $U_d$  abgibt, das dem maximalen Gradienten bzw. der maximalen Steilheit des Abstandssignals  $U_s$  entspricht. Im Bereich niedriger Drehzahlen stellt die maximale Steilheit des Abstandssignals  $U_s$  ein

Maß für die Drehzahl des Meßkörpers 1 dar. Das Differenzieren kann auf analoge Weise z.B. mittels eines Rechenverstärkers und daran angeschlossener RC-Glieder oder auf digitale Weise in vorgebestimmten diskreten Zeitintervallen vorgenommen werden, was nachfolgend näher erläutert wird.

Das Abstandsignal  $U_s$  liegt ferner an einem Frequenz/Spannungs- bzw. f/V-Wandler 4 an, der ein von der Frequenz des Abstandsignals abhängiges, vorzugsweise zu dieser proportionales Signal  $U_f$  erzeugt. Der f/V-Wandler 4 kann ein digitaler Wandler sein, in welchem die periodischen Schwankungen des Abstandsignals  $U_s$  in Impulse umgeformt und über eine vorbestimmte Zeit gezählt werden, wonach der Zählstand in eine Spannung umgesetzt wird, die das frequenzabhängige Signal  $U_f$  darstellt. Der Wandler 4 kann auch ein analoger Wandler sein, in welchem die Frequenzabhängigkeit von Blindwiderständen genutzt wird. In einem jeden Fall ist mit einem derartigen Wandler eine niedrige Frequenz des Abstandsignals  $U_s$  nur sehr schlecht, d.h., mit nur geringer Genauigkeit und Auflösung erfassbar, so daß bei niedrigen Frequenzen und damit niedrigen Drehzahlen das frequenzabhängige Signal  $U_f$  aus dem Wandler 4 für eine weitere Auswertung ungeeignet ist.

Da somit das Differentialsignal  $U_d$  nur im Bereich niedriger Drehzahl und das frequenzabhängige Signal  $U_f$  nur im Bereich höherer Drehzahl brauchbar ist, enthält die Drehzahlmeßeinrichtung gemäß Fig. 1 eine Ausgabeschaltung, die einen Frequenz- bzw. f-Detektor 5 und einen Umschalter 6 oder gemäß der Darstellung durch die strichpunktierten Linien einen Pegeldetektor 7 und den Umschalter 6 enthält. Der f-Detektor nimmt das Abstandsignal  $U_s$  auf und erzeugt bei einer vorbestimmten Frequenz ein Schaltsignal für den Umschalter 6, der schematisch als mechanischer Schalter dargestellt ist, jedoch vorzugsweise ein Analogschalter ist. Der Pegeldetektor 7 erfaßt den Pegel des Differenzialsignals  $U_d$  und gibt bei einem vorbestimmten Pegel ein Schaltsignal für den Umschalter 6 ab. Von dem Detektor 5 oder 7 wird das Schaltsignal vorzugsweise mit einer bestimmten Hysterese hinsichtlich des Frequenz- oder Pegelwerts erzeugt. D.h. der betreffende Detektor gibt das Schaltsignal ab, wenn von niedrigen Werten her ein vorbestimmter höherer Schwellenwert erreicht wird, und unterbricht das Schaltsignal, wenn von höheren Werten her ein vorbestimmter niedrigerer Schwellenwert erreicht wird. Dadurch wird ein unnötig häufiges Umschalten im Übergangsbereich verhindert. Von dem Umschalter 6 wird normalerweise als Ausgangs- bzw. Drehzahlsignal  $U_a$  das Differentialsignal  $U_d$  aus der Differenzierschaltung 3 weitergegeben. Sobald der Umschalter 6 durch das Schaltsignal umgeschaltet ist, wird als Ausgangs- bzw. Drehzahlsignal  $U_a$  das frequenzabhängige Signal  $U_f$  aus dem f/V-Wandler 4 ausgegeben. Dadurch wird erreicht, daß das Drehzahlsignal  $U_a$  ohne wesentliche Verzögerung die Drehzahl in einem weiten Bereich von nahezu "0" an widerspiegelt. Das Drehzahlsignal  $U_a$  wird dann in einer nicht dargestellten Schaltung, z.B. eines Getriebesteuersystems, eines Zünd- oder Einspritzsteuersystems oder eines ABS-Systems ausgewertet.

Die Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Drehzahlmeßeinrichtung, das sich von dem ersten Ausführungsbeispiel darin unterscheidet, daß das frequenzabhängige Signal  $U_f$  mittels eines Transformators 10 gebildet wird. Bei diesem zweiten Ausführungsbeispiel wird im Bereich niedriger Drehzahlen das Abstandsi-

gnal an einem Widerstand 8 abgenommen und der Differenzierschaltung 3 sowie dem f-Detektor 5 zugeleitet. Sobald der f-Detektor 5 das Erreichen einer vorbestimmten Frequenz des Abstandsignals  $U_s$  erfaßt, erzeugt er das Schaltsignal für den Umschalter 6, der zugleich auch einen weiteren Umschalter 9 steuert. Der Umschalter 9, der normalerweise einen Anschluß des Widerstands 8 auf Masse legt, verbindet auf das Schaltsignal hin diesen Anschluß mit der gegen Masse geschalteten Primärwicklung des Transformators 10. Damit wird das Abstandsignal  $U_s$  an die Reihenschaltung aus dem Widerstand 8 und der Primärwicklung des Transformators 10 angelegt, so daß an dem Transformator 10 eine mit steigender Frequenz ansteigende Spannung anliegt, die in der Sekundärwicklung des Transformators die frequenzabhängige Spannung  $U_f$  hervorruft. In der Darstellung sind nachgeschaltete Gleichrichter- und Glättungselemente weggelassen, so daß lediglich die Funktion des Transformators 10 schematisch dargestellt ist.

Die Fig. 3 zeigt zwei Beispiele für den Meßkörper 1 sowie jeweils den Verlauf der Änderung des Abstands  $x$  des Meßkörperumfangs zu dem ortsfesten Sensor 2. Der Meßkörper 1 ist jeweils als achssymmetrisches regelmäßiges Sechseck bzw. Quadrat mit scharfen Kanten dargestellt.

Die Fig. 4 zeigt weitere Beispiele für die Gestaltung des Meßkörpers 1, und zwar in Form eines achssymmetrischen Dreiecks mit völlig abgerundeten Ecken, eines exzentrischen Kreises bzw. eines normalen Zahnrads.

Die Fig. 5 zeigt ein weiteres Beispiel für die Gestaltung des Meßkörpers 1 und die bei dessen Drehung hervorgerufene Änderung des Abstands  $x$ . Bei dem Beispiel nach Fig. 5 ist der Meßkörper 1 als Taumelscheibe ausgebildet, der axial in einem bestimmten radialen Abstand der Sensor 2 gegenübergestellt ist. Bei dem Umlauf des Meßkörpers 1 ändert je nach der Drehstellung die axiale Stirnfläche des Meßkörpers 1 auf dem Kreis mit dem radialen Abstand des Sensors 2 der Abstand  $x$  zum Sensor.

In einem jeden Fall ist der Meßkörper 1 derart auszu-  
legen, daß sich bei dessen Drehung der Abstand  $x$  zu  
dem Sensor 2 im wesentlichen sinusförmig oder säge-  
zahnförmig ändert, damit die Flankensteilheit des sich  
dadurch ergebenden Abstandsignals  $U_s$  als Maß für die  
Drehgeschwindigkeit und damit die Drehzahl herange-  
zogen werden kann. Ein Beispiel für die Erfassung der  
Flankensteilheit des Abstandsignals  $U_s$  ist in der Fig. 6  
dargestellt. Bei diesem Beispiel wird davon ausgegan-  
gen, daß das Abstandsignal  $U_s$  dadurch nach der Zeit  
differenziert wird, daß die Amplitudendifferenz in je-  
weils diskreten Zeitabständen  $\Delta t$  erfaßt wird. Eine der-  
artige zeitliche Ableitung des periodisch geänderten  
Abstands  $x$  zwischen dem Meßkörper 1 und dem Sensor  
2 ergibt aber nur dann eine fehlerfreie Berechnung der  
Geschwindigkeit und damit der Drehzahl, wenn der  
Zeitabstand  $\Delta t$  für die Differenzienbildung wesentlich  
kürzer als eine momentane Periodendauer  $T$  des Ab-  
standsignals  $U_s$  ist. D.h., der Zeitabstand  $\Delta t$  muß bei-  
spielsweise ein Hundertstel bis ein Zwanzigstel der Peri-  
odendauer  $T$  betragen. Hierbei ist zu berücksichtigen,  
daß die Anstiegsgeschwindigkeit (und Abfallgeschwin-  
digkeit) des Signals aus dem Sensor 2 je nach dessen  
Ausführungsform auf einen bestimmten Wert begrenzt  
ist. Über einer Drehzahl, die diesem Grenzwert der Si-  
gnalanstiegsgeschwindigkeit des Sensors entspricht,  
wird nur die dieser Anstiegsgeschwindigkeit entspre-  
chende Amplitudendifferenz, also nur ein konstanter

Wert gemessen, der nicht der tatsächlichen Drehzahl entspricht. In der Drehzahlmeßeinrichtung gemäß den Ausführungsbeispielen wird daher mit einem bestimmten Sicherheitsabstand von der Ermittlung der Drehzahl aus der Flankensteilheit auf die Ermittlung der Drehzahl aus der Frequenz umgeschaltet.

Die Differenzierschaltung 3, der f/V-Wandler 4 und der f-Detektor 5 oder der Pegeldetektor 7 können zusammen mit dem Umschalter 6 als Mikrocomputer mit entsprechenden Zusatzeinheiten wie einem Analog/Digital-Wandler, einem Impulsformer, einem Digital/Analog-Wandler oder dergleichen aufgebaut werden. Zur Differenzierung werden die Amplitudenwerte des Abstandssignals  $U_s$  in vorbestimmten Zeitabständen abgefragt, die Differenzen der Amplitudenwerte gebildet und die maximalen Differenzen herausgegriffen. Zur Frequenz/Spannung-Umsetzung werden aus dem Abstandssignal  $U_s$  Impulse geformt, die Impulse gezählt und der Zählstand in die frequenzabhängige Spannung  $U_f$  umgesetzt. Der Impulszahlstand kann auch zur Erzeugung des Schaltsignals für den Umschalter 6 herangezogen werden, wobei durch das Schaltsignal auch zwischen einem höheren und einem niedrigeren Impulszahlstand umgeschaltet werden kann, um die erwünschte Hysteres hinsichtlich des Frequenzwerts zu erhalten.

Gemäß der Beschreibung kann somit die Drehzahl des Meßkörpers in einem weiten Bereich bis nahezu "0" genau und ohne wesentliche Verzögerung erfaßt werden, so daß das erhaltene Drehzahlsignal sehr vorteilhaft in Regel- und Steuersystemen für Fahrzeuge herangezogen werden kann.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen der Drehzahl eines Meßkörpers, bei dessen Drehung sich periodisch der Abstand zu einem Sensor ändert, der ein vom Abstand abhängiges Abstandssignal abgibt, das in einer Wandlerschaltung in ein frequenzabhängiges Signal umgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Bestimmung der Drehzahl im unteren Drehzahlbereich der sich stetig verändernde Abstand zwischen dem Sensor und einer Fläche oder Teilfläche des Meßkörpers herangezogen wird.
2. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, bei der der Sensor das vom Abstand zum Meßkörper abhängige Abstandssignal abgibt, das in der Wandlerschaltung in das frequenzabhängige Signal umgesetzt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Sensor (2) derart angeordnet ist, daß sich bei der Drehung des Meßkörpers der Abstand ( $x$ ) zu einer Meßkörper-Teilfläche stetig ändert, daß eine Differenzierschaltung (3) das sich stetig ändernde Abstandssignal ( $U_s$ ) des Sensors nach der Zeit zu einem Differentialsignal ( $U_d$ ) differenziert und daß eine Ausgabeschaltung (5, 6; 6, 7) vorgesehen ist, die die Frequenz des Abstandssignals und/oder den Pegel des Differentialsignals erfaßt und unterhalb einer vorbestimmten Frequenz bzw. eines vorbestimmten Pegels als Drehzahlsignal ( $U_a$ ) statt des frequenzabhängigen Signals ( $U_f$ ) aus der Wandlerschaltung (4; 10) das Differentialsignal ausgibt.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Differenzierschaltung (3) als Differentialsignal ( $U_d$ ) ein der maximalen Steilheit des

Abstandssignals ( $U_s$ ) entsprechendes Signal abgibt.

4. Einrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ausgabeschaltung einen Detektor (5; 7) zum Erfassen der Frequenz bzw. des Pegels und eine durch das Ausgangssignal des Detektors gesteuerte Umschalteneinrichtung (6) zum Wechseln zwischen dem frequenzabhängigen Signal ( $U_f$ ) und dem Differentialsignal ( $U_d$ ) aufweist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Detektor (5; 7) für die Frequenz bzw. den Pegel mit Hysteres hinsichtlich der das Wechseln herbeiführenden Höhe der Frequenz bzw. des Pegels ausgebildet ist.

6. Einrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ausgangssignal des Detektors (5; 7) über eine Schalteinrichtung (9) die Wandlerschaltung (10) ein- oder ausschaltet.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Differenzierschaltung (3) ein Differenzierglied mit einer nachgeschalteten Spitzenwerthalteschaltung aufweist.

8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Differenzierschaltung (3) einen in vorbestimmten Zeitabständen über eine vorbestimmte Zeitspanne wirkenden Analog/Digitalwandler und einen den Spitzenwert aus dem Wandler vorübergehend haltenden Speicher aufweist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

— Leerseite —

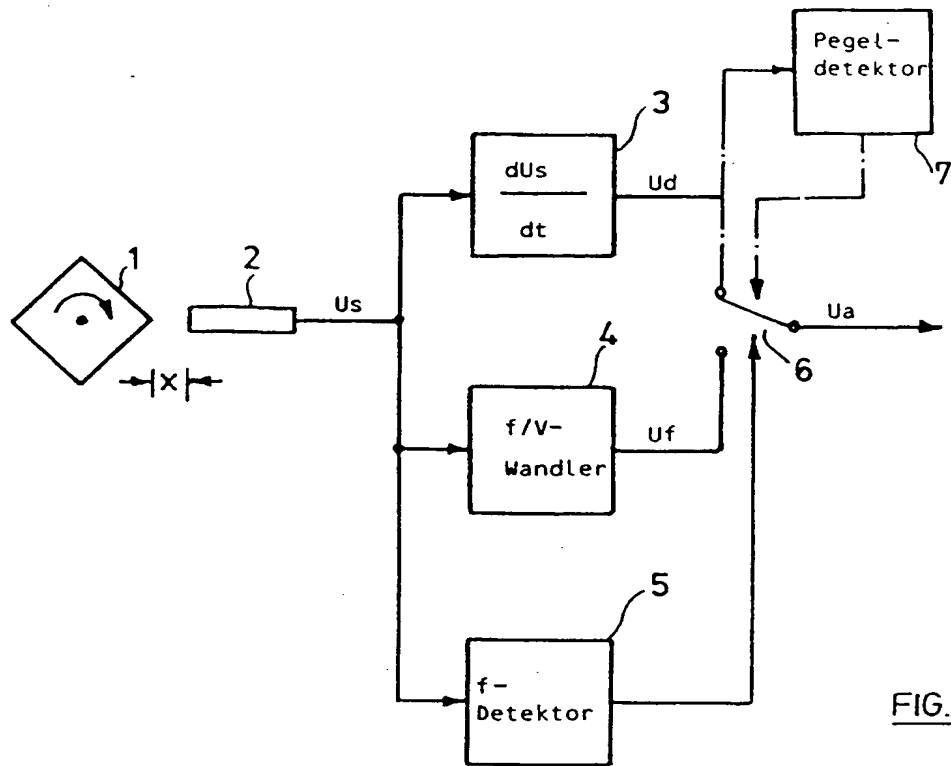


FIG. 1

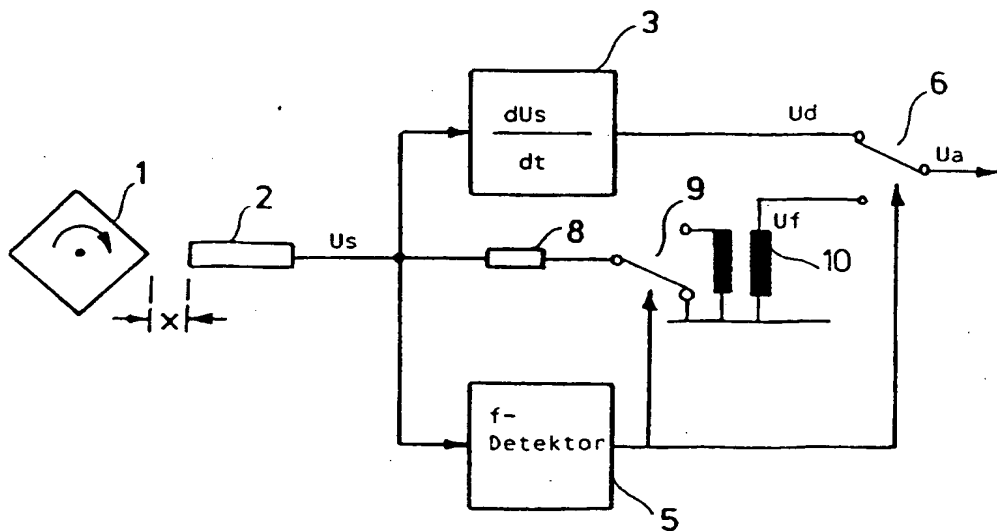


FIG. 2

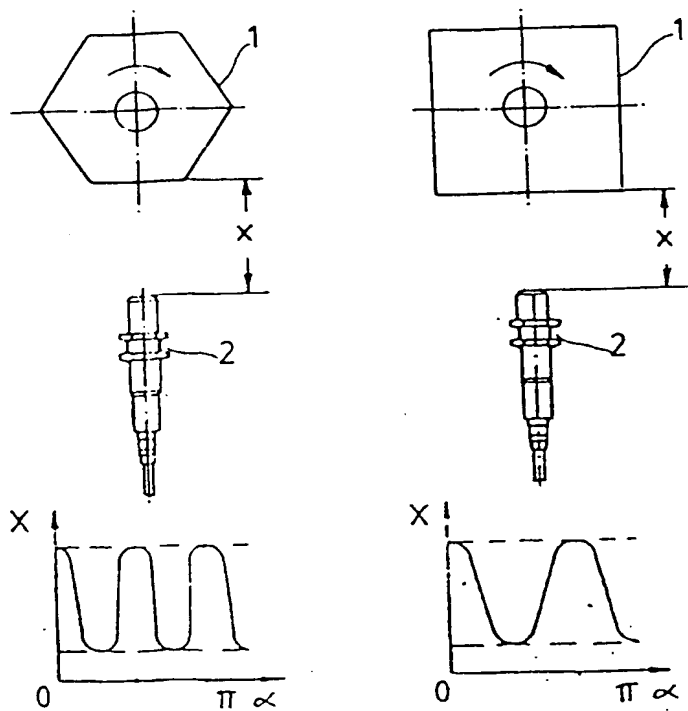
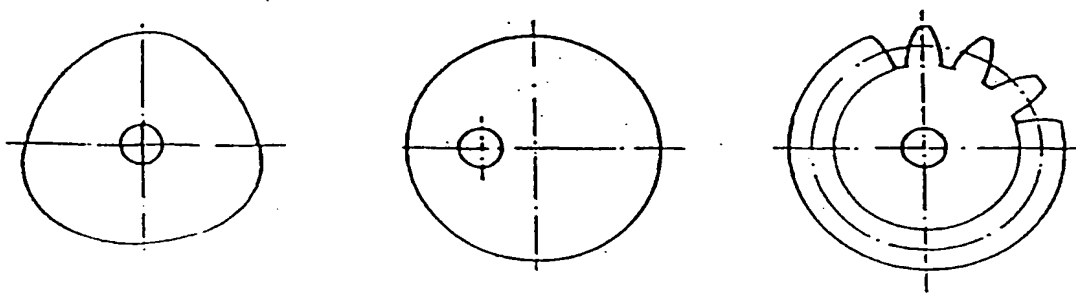


FIG. 3

FIG. 4



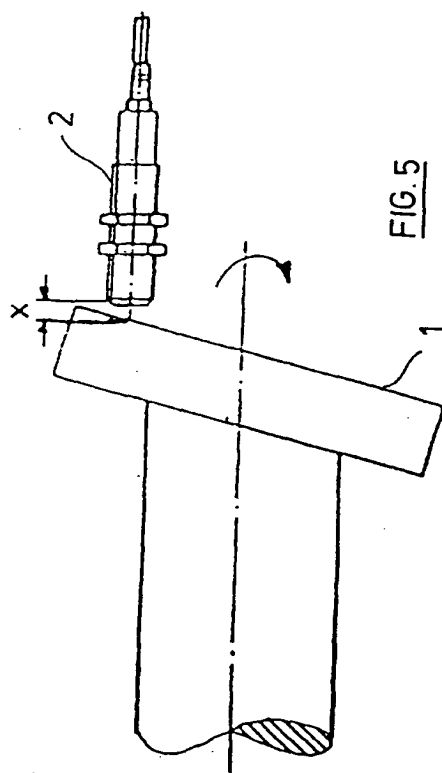
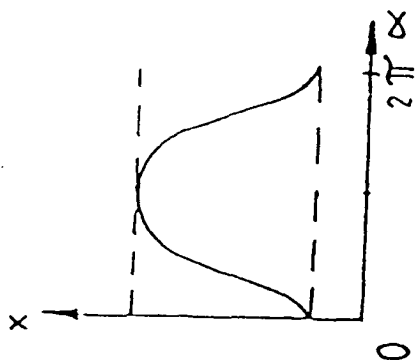


FIG. 5

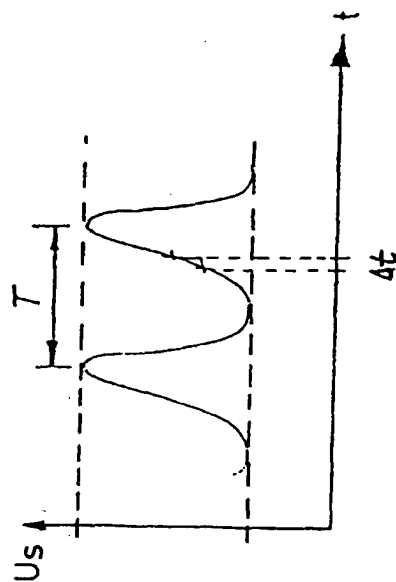


FIG. 6